

TARTU ÜLIKOOL
Loodus- ja täppisteaduste valdkond
Ökoloogia ja maateaduste instituut
Geoloogia osakond

Madis Kartau

Vormsi põhjaranniku aluspõhja geoloogiast

Bakalaureusetöö geoloogias (12EAP)

Juhendajad: PhD Tõnu Meidla

MSc Tavo Ani

Tartu 2018

Sisukord

1. Sissejuhatus	4
2. Materjal.....	6
2.1 Vormsi saare aluspõhja geoloogia	6
2.2 Vormsi saare stratigraafia	7
2.2.1 Nabala lade.....	8
2.2.1.1 Paekna kihistu.....	9
2.2.1.2 Saunja kihistu	9
2.2.2 Vormsi lade	9
2.2.3 Pirgu lade.....	10
2.2.3.1 Moe kihistu	10
2.2.3.2 Adila kihistu	10
2.3 Kersleti (Kärsläti) paemurd	11
2.4. Ostrakoodid.....	12
3. Metoodika.....	13
3.1 Proovi analüüs.....	13
3.2 Statistiline analüüs	13
3.3 Biostratigraafia.....	14
3.4. QGIS analüüs.....	14
4. Tulemused	16
4.1 Uuritud mikropaleontoloogilise proovi ostrakoodiassotsiatsiooni liigiline koosseis	16
4.2. Statistiline analüüs	17
4.3 GQIS tulemused.....	20
4.3 Biostratigraafiline analüüs	22
5. Arutelu	26
6. Kokkuvõte	27
Viited	28
Internetiallikad	29
Summary.....	30
Lisa	31

Vormsi põhjaranniku aluspõhja geoloogiast

Töö eesmärgiks on Põhja-Vormsi geoloogilise ehituse täpsustamine, kasutades selleks integreeritult biostratigraafilist ja GIS metoodikat. Vormsi saare põhjapoolse osa geoloogilise ehituse kohta käiv informatsioon on vastuoluline: Eesti aluspõhja geoloogilisel kaardil on saare põhjaosas üsna laialt kujutatud Saunja kihistu leviala, kuid samal ajal on põhjaranniku lähedasi paljandeid seostatud Kõrgessaare kihistu keskmiste kihtidega. Uuringu läbiviimiseks võrreldi Kersleti paemurru ostrakoodiassotsiatsiooni koosseisu ümberkaudsetest puuraukudest pärinevate ostrakoodide assotsiatsioonidega, selgitamaks saare põhjarannikul paikneva paljandi stratigraafilist asendit. Peale proovi analüüsi määrati proovile kollektsiooninumber TUG 1771 ning peale töö kaitsmist antakse see hoiule Tartu Ülikooli Loodusmuuseumi. Lisaks modelleeriti Vormsi saarel ja ümbruskonnas asuvate puursüdamike andmetel QGIS tarkvara kasutades Vormsi saarel levivad kihistud, et saadud mudeli ekstrapoleerimise kaudu sõltumatult hinnata Kersleti paemurru stratigraafilise asendi kohta. Saadud tulemused viitavad Põhja-Vormsil Kõrgessaare kihistu alumise poole, kuid mitte kõige alumiste kihtide avanemisele.

Bedrock geology of the northern part of Vormsi Island

The main aim of this paper is to evaluate the stratigraphic subdivision in the northern part of the Island of Vormsi, using integrated biostratigraphic and QGIS modelling methods. Information about the age of bedrock in different sources is contradictory. The 1:400 000 Estonian geological base map shows a relatively wide outcrop belt of the Saunja Formation near the northern coast but the nearby sections are referred to the middle part of Kõrgessaare Formation in literature. A sample of ostracodes collected from the abandoned Kersleti Quarry was compared with samples from the nearby core sections to reveal their biostratigraphic affinity. After the analysis the sample was given a collection number TUG 1771 and will be taken to the University of Tartu Natural History Museum to be archived. Additionally, the boundaries of formations were modelled using QGIS software and an estimate of stratigraphic position of the Kersleti Quarry was made. The integrated results suggests the northern part of Vormsi Island to comprise the lower half but not the basal strata of the Kõrgessaare Formation.

1. SISSEJUHATUS

Tänapäevaste geoloogiliste uuringute alguseks võib Eestis pidada 19. sajandi algust, kui Tartu Ülikooli rajati aastal 1802 mineraloogiakabinet. Esimesteks tähendusväärseteks uurijateks olid Eduard Eichwald ja Friedrich Schmidt, kelle tööd käsitlesid Eesti aluspõhja stratigraafiat ja paleontoloogiat. Rakenduslike uuringute edendamiseks asutati 1937. aastal Eesti Geoloogiline Komitee, mis tegeles geoloogilise kaardistamise ning fosforiidi- ja põlevkivimaardlate uuringutega. Pärast Teist maailmasõda kandus teadustöö keskus Eesti NSV Teaduste Akadeemia (praegu Tallinna Tehnikaülikooli Geoloogia Instituuti (asutatud 1947) ja rakendusgeoloogia alane tegevus 1957. aastal asutatud ENSV Geoloogia Valitsusse (hilisem Eesti Geoloogiakeskus, tänase seisuga likvideerimisel) (Raukas & Teedumäe 1997).

Eesti Ordoviitsiumi tänapäevasele stratigraafilisele liigestusele pani aluse Friedrich Schmidt (1832-1908), kes oma esimeses Eesti geoloogiat käsitlevas uurimuses (Schmidt 1858) jagas Ordoviitsiumi kümneks üksuseks. Vormsi saarel kirjeldas Schmidt Lyckholmi ja Borkholmi ladet (Schmidt 1858). Tänapäeval jaguneb Lyckholmi lade kolmeks lademeks – Nabala-, Vormsi- ja Pirgu- ning Borkholmi lade kannab tänapäeval nime Porkuni lade. Porkuni lademe esinemist saarel hilisemad uuringud siiski ei kinnita (Meidla, jt. 2001).

Esimeseks spetsiaalseks Vormsi saare geoloogia uurijaks sai tuntud Soome geoloog M. Sauramo, kes 1928. aasta suvel töötas nii saarel kui ka Noarootsi poolsaarel (Meidla, jt. 2001). 1939. aasta suvel korraldasid Tallinna Koolinoorsoo Loodussõprade Ühing (TKLÜ) ja Gustav Adolfi Gümnaasiumi Loodusteadliku Ringi (GALR) loodusteadliku ekskursiooni Vormsi saarele. Lähtudes M. Sauramo töös avaldatud andmetest otsiti üles paljandid, koguti kivistisi ja uuriti paljanduvat kivimit (Meidla, jt. 2001). Töö käigus avastati Hosholmi paljand Vormsi edelarannikul (Jaanusson 1939b), kus paljanduvad Lyckholmi lademe ülemised kihid (praegune Pirgu lademe ülemine pool). Hosholmi paljandist kogutud palentoloogilise materjali määramisel tuli esile kolm erinevat kooslust, mis said aluseks Vormsi saare geoloogilisele liigestusele (Jaanusson 1939a). TKLÜ ja GALR Vormsi ekskursioonid jätkusid ka 1940, 1942 ja 1943 aastal (Meidla, jt. 2001). V. Jaanussonil valmis 1942. aasta sügiseks välitöödelt saadud andmete ja kivististe uurimise tulemusel Lyckholmi lademe kolmeliigestus Saunja (F₁), Vormsi (F_{1b}) ja Pirgu (F_{1c}) lademeks (Meidla, jt. 2001). Jaanussoni töödes pole Vormsi lademe tüüppaljandit nimetatud, kuid tänapäeval loetakse selleks Vormsi looderannikut Saxby tuletorni lähedal (Meidla, jt. 2001).

1950. aastatest alates on Vormsi saart korduvalt külastanud Tartu Ülikooli ja Eesti TA Geoloogia Instituudi (praegune TTÜ Geoloogia Instituut) geoloogid (Meidla, jt. 2001). Geoloogiliste kaardistustööde käigus on Vormsi saarele puuritud mõned aluspõhja ulatuvad puuraugud Förbys, Hullos (Meidla 1996, Nõlvak 1984) ja Söderbys (Maa-amet: geoportaal).

Eesti 1:400 000 geoloogilisel kaardil (Maa-amet: maainfo kaardirakendus) on Kersleti paemurru vahetuses läheduses märgitud Saunja kihistu avamus, kuid samal ajal on põhjaranniku lähedasi paljandeid seostatud Kõrgessaare kihistu keskmiste kihtidega (Rõõmusoks 1966).

Kasutades nii proovist pärit kivistisi kui ka 3D modelleerimise võimalusi seati eesmärgiks kaaluda Põhja-Vormsi saare geoloogilise ehituse erinevaid hüpoteese: hinnata Kersleti (Kärsläti) vana paemurru asendit Vormsi lademe stratigraafilises läbilõikes ning anda hinnang erinevatest allikatest pärinevatele mõnevõrra vastukäivatele geoloogilistele andmetele.

2. MATERJAL

2.1 Vormsi saare aluspõhja geoloogia

Vormsi saare geoloogia on seotud Ülem-Ordoviitsiumi (460-443 Ma tagasi) troopilise madalaveelise merelise setteprotsessidega. Baltica manner asetses Ordoviitsiumi algul lõunapoolkera parasvöötmes ja triivis ajastu lõpuks troopilistele laiuskraadidele. Mandri äärealasid kattis ulatuslik madal meri (Nestor, jt. 2006).

Mõistet 'lade' on käesolevas töös kasutatud Läänemere regioonis laialdaselt rakendatud piirkondlike (regionaalsete) lademetega tähenduses, millele ingliskeelsetes töödes tavaliselt viidatakse väljendiga 'regional stage'. Kõik käesolevas töös kõne all olevad, Vormsi saare geoloogilisel kaardil näidatud kihid vastavad rahvusvahelise Katy lademe ülemisele osale (Gradstein, jt. 2012).

Ülem-Ordoviitsiumi ladestik on Eestis esindatud kümne lademega. Nendeks lademeteks on Kukruse, Haljala, Keila, Oandu, Rakvere, Nabala, Vormsi, Pirgu, Porkuni ja Juuru (alumise osa). Ülem-Ordoviitsiumi läbilõike paksus on suurem kui Alam- ja Kesk-Ordoviitsiumil, ulatudes Raplas 136 meetrini ja Valgas 85,5 meetrini. Ordoviitsiumi lademetega avamused kulgevad ligikaudu lääne-idasuunaliste vöönditena üle Põhja-Eesti (Nestor, jt. 2006).

Vormsi paikneb Ülem-Ordoviitsiumi avamusel (Meidla, jt. 2001). Geoloogilise kaardi alusel (Maa-amet: maainfo kaardirakendus) avanevad saarel pinnakatte all Nabala lademe ülemised kihid, Vormsi lade ja Pirgu lade. Aluspõhjakivimite paljandid paiknevad saare läänepoolses osas, kus pinnakatte paksus on kohati alla ühe meetri (Meidla, jt. 2001).

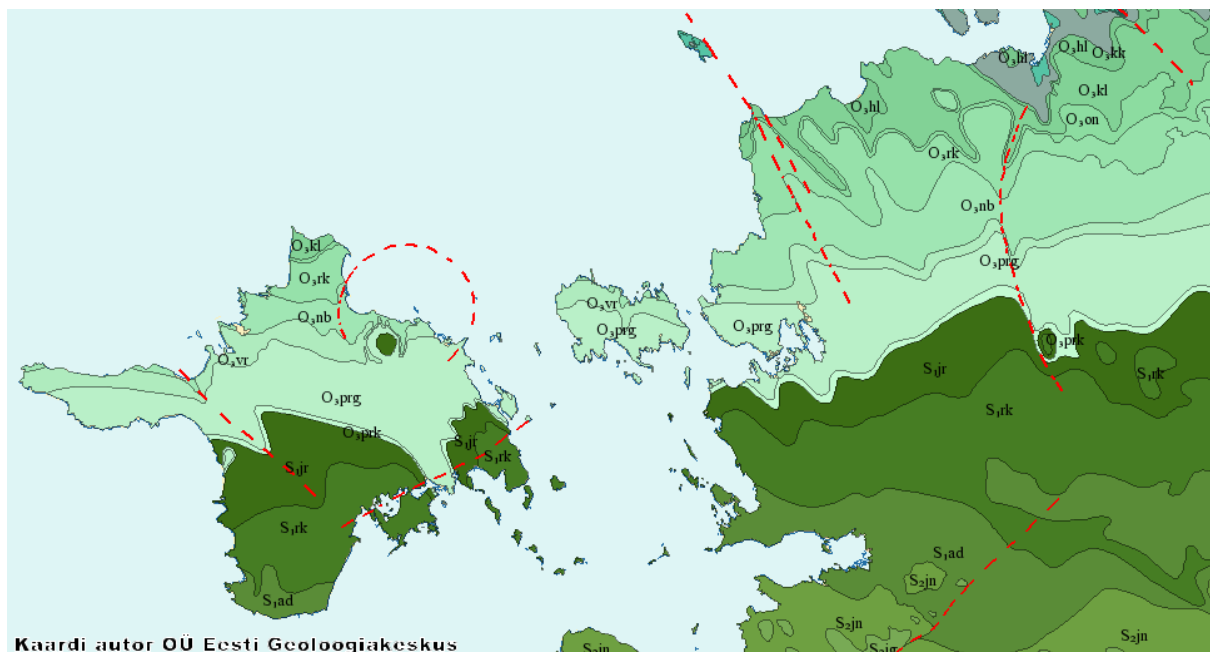
2.2 Vormsi saare stratigraafia

Ülem-Ordoviitsiumi stratigraafia Lääne-Eestis ja arusaam Vormsi saare stratigraafiast on esitatud järgmises lihtsustatud tabelis (Tabel 1). Saare ja naaberalade aluspõhjageoloogilist kaarti kujutab joonis 1.

Tabel 1: Ülem-Ordoviitsiumi Loode-Eesti stratigraafia (Meidla, jt. 2014)

LADESTIK	LADE	KIHISTU
Land- hovery Ülem – Ordoviitsium	Juuru	Hilliste
		Tamsalu
		Varbola
	Porkuni	
		Ärina
	Pirgu	Adila
		Moe
	Vormsi	Kõrgessaare
	Nabala	Saunja
		Paekna
	Rakvere	Rägavere
	Oandu	
		Vaselemma
	Keila	Kahula
	Haljala	Tatruse
	Kukruse	
		Pihla

Vormsil avanevad lademed ja nende kihistud on märgitud sinisega. Mustaga on tähistatud teadaolevad suuremad lüngad läbilõikes (Meidla, jt. 2014).



Joonis 1. Loode-Eesti aluspõhja geoloogia (Maa-amet: 1:400 000 Eesti geoloogiline kaart)

Loode-Eesti aluspõhja geoloogia (Maa-amet, 1:400 000 Eesti geoloogiline kaart). Indeksite seletus: S₂jg – Jaagarahu lade, S₂jn – Jaani lade, S₁ad – Adavere lade, S₁rk – Raikküla lade, S₁jr – Juuru lade, O₃prk – Porkuni lade, O₃prg – Pirgu lade, O₃vr – Vormsi lade, O₃nb – Nabala lade, O₃rk – Rakvere lade, O₃on – Oandu lade, O₃kl – Keila lade, O₃hl – Haljala lade, O₃kk – Kukruse lade.

2.2.1 Nabala lade

Nabala lademe avamus kulgeb praeguse 1:400 000 Eesti geoloogilise kaardi järgi Vormsil vööndina peaaegu paralleelselt saare põhjarannikuga. Lademe ainus teadaolev paljand Vormsil asub Kersleti külast otse põhja suunas, rannamadalal, kus madalama veeseisuga tuleb nähtavale Nabala lademe Saunja kihistu afaniitne (peitkristalne) lubjakivi (Meidla, jt. 2001). Saunja kihistu lubjakivi on üldiselt kivististevaene (Meidla, jt. 2001). Nabala lademe kogupaksus Vormsil Hullo puuraugus ulatub 20,9 meetrini (Hints & Meidla 1997a) ja Förby (F369) puuraugus 22,2 meetrini (Maa-amet: puursüdamike andmebaas).

Nabala lademes on tähendatud 82 ostrakoodi liiki ja alamliiki. Enamus nendest liikidest esinevad ka Nabala lademel lasuvas Vormsi lademes ja lamavas Rakvere lademes. Ainult piiratud arv liike on sellele lademele omased, nendeks liikideks on: *Disulcina perita explicata*, *Tetrada (Tetrada) neckajae*, *Quadrilia (Krutatia) iunior*, *Klimphores plienkalensis* ja *Longidorsa? baltica*. Ostrakoodide levik lademe ulatuses on ebaühtlane ja selgeid erinevusi kihistute vahel ei esine (Meidla 1996).

2.2.1.1 Paekna kihistu

Kihi paksuseks on Förby (F369) läbilõikes mõõdetud 9,5 meetrit (Maa-amet: puursüdamike andmebaas). Paekna kihistus on esindatud 61 eri liiki ostrakoode, kellest levinuimateks on *Rectella romboformis*, *Cryptophyllus gutta*, *Steusloffina cuneata*, *Medianella blindenensis*, *Rectella nais*, *Tetradella egorowi*, *Brevibolbina dimorpha dimorpha*, *Tvaerenella longa pretiosa*, *Consonopsis litwiensis*, *Airina cornuta*, *Bullaeferum tapaensis*, *Disulcina perita explicata* (Meidla 1996).

2.2.1.2 Saunja kihistu

Saunja kihi paksuseks on Förby (F369) läbilõikes mõõdetud 12,7 meetrit (Maa-amet: puursüdamike andmebaas). Saunja kihistus on esindatud 63 liiki ostrakoode, kellest levinuimateks on *Rectella romboformis*, *Rectella nais*, *Olbianella fabacea*, *Steusloffina cuneata*, *Loculibolbina primitiva*, *Platybolbina orbiculata*, *Airina cornuta*, *Longiscula perfecta* ja *Bullaeferum tapaensis*. Ostrakoodide, levik kihi piires on väga ebaühtlane (Meidla 1996).

2.2.2 Vormsi lade

Vormsi lademe avamus haarab laia vööndina peaaegu kogu Vormsi saare põhjapoolse osa. Selles lademele vastav Kõrgessaare kihistu koosneb nõrgalt või mõõdukalt savikast rohekashallikast lubjakivist. Lademe paksust ei ole võimalik paljandites määratleda (Meidla, jt. 2001). Lademe paksus Hullo 358 läbilõikes ulatub 9,2 meetrini (Hints & Meidla 1997b) ja Förby (F369) läbilõikes 9,9 meetrini (Meidla 1996, joonis 31).

Vormsi lademe liigirikkus on mitmekesisem lamava Nabala lademe omast. Kokku on Vormsi lademes kirjeldatud 97 erinevat liiki ostrakoode. Lademe piiri markeerib litofatsiaalne muutus, kuid erinevus ostrakoodide liigilises koosseisus ei ole väga selgelt märgatav. Ostrakoodide levik lademes on enamjaolt ühtlane. Liigid, mis esinevad sagedalt Vormsi lademes ja levivad ka Porkuni ja Pirgu lademesse on: *Vitteplana plana*, *Gryphiswaldensia wilnoiensis*, *Tvaerenella expedita*, *Eoaquapulex frequens*, *Brevibolbina dimorpha dimorpha*, *Distobolbina tuberculata*, *Estonaceratella estona*, *Revisylthere breviclastrum* (Meidla 1996).

2.2.3 Pirgu lade

Pirgu lademe avamus võtab enda alla kogu saare lõunapoolse osa, kuid kihid paljanduvad vaid saare lääneosas ning lääne- ja edelarannikul. Lademe alumise osa moodustab avamusel Moe kihistu, millele on iseloomulik hallikaspruun kuni pruunikashall puhas lubjakivi (Meidla, jt. 2001). Kihi paksust pole Vormsi saarel määratud, kuid võib eeldada, et see on suurem kui 11,85, mis on dokumenteeritud Förby (F369) puursüdamikus (Meidla 1996), kuna ümbruskonna (Hiiumaa ja mandri) puuraukudes on Pirgu lademe kogupaksus üle 30 meetri (34,6 m Orjaku puuraugus ja 36,9 m Haapsalu puuraugus) (Hints & Meidla 1997c).

Ostrakoodide mitmekesisus kasvab Pirgu lademes võrreldes Vormsi lademega veelgi, tõustes 120 liigini. Pirgu lademele ainuomasteks liikideks on: *Tetradella separata*, *Tetradella trilocolata*, *Laevanotella nonsulcata*, *Caprabolbina capra*, *Piretia rugosa*, *Brevibolbina pontificans*, *Gryphiswaldensia plavinensis*, *Microcheilinella dagoensis*, *Microcheilinella pirguensis*, *Rectella explanata*, *Adamczakia holosolenica* ja veel mõned väga haruldased liigid (Meidla 1996).

2.2.3.1 Moe kihistu

Moe kihistu moodustab pruunikashall mikrokristalliline lubjakivi (Meidla, jt. 2001). Tuvastatud on 84 liiki ostrakoode, millest kõige sagedamini esinevad *Steusloffina cuneata*, *Olbianella fabacea*, *Medianella blidenensis*, *Medianella intecta*, *Longiscula perfecta* ja *Hemeaschmidtella exula* (Meidla 1996). Förby (F369) läbilõikest on Moe kihistu paksuseks mõõdetud 11,85 meetrit (Meidla 1996, joonis 31), Orjaku puuraugust 23,35 meetrit (Hints & Meidla 1997c).

2.2.3.2 Adila kihistu

Pirgu lademe ülemise osa moodustab Adila kihistu, mille kivim erineb Moe kihistu omast mõnevõrra suurema savikuse poolest. Kihistu ülemises osas esineb sageli arvukalt nõrku püriitse impregnatsiooniga katkestuspindu. Ainsaks paljandiks Vormsi saarel on ligikaudu 300 meetri pikkune rannikupaljand Hosholmi poolsaare edelarannal (Meidla, jt. 2001).

Adila kihistust on tuvastatud 70 ostrakoodiliiki, millest sagedamini esinevateks on: *Steusloffina cuneata*, *Olbianella fabacea*, *Medianella intecta*, *Platybolbina orbiculata*, *Tvaerenella expedita*, *Microcheilinella lubrica* ja *Rectella romboformis*. Põhiline erinevus Moe ja Adila kihistu vahel seisneb liikide *Naevhitis pictis*, *Brevibolbina pontificans* ja *Pseudorayella kaufmanni* esinemises Adila kihistus, lisaks *Platybolbina tiara*, *Piretella acmaea*, *Disulcina minata*, *Brevibolbina dimorpha altonodosa* ja *Arpaschmidtella abnormis* rohkuses (Meidla 1996). Adila kihistu paksuseks on Orjaku puuraugus mõõdetud 11,25 meetrit (Meidla 1996, joonis 32). Förby läbilõikes Adila kihistu puudub (Meidla 1996, joonis 31).

2.3 Kersleti (Kärsläti) paemurd

Kersleti paemurd on Läänemaal, Vormsi saarel, Kersleti külas asuv paljand (Joonis 2). Paljandit on varem käsitletud A. Rõõmusoks (1966). 1985. aastal tuvastatud välivaatlustel klibuhunnikuid ja kuni 1,5 meetri sügavusi auke, 2012. aastal paemurdu ei leitud (SARV: Eesti geokogude infosüsteem ja andmepositoorium). Uuritav proov on võetud 1985. aastal ning pärineb Kersleti küla läbivast teest paremat kätt paiknevast vanast murreuasemest, murre põhja aluspõhjalisest põrandast.



Joonis 2: Kersleti paemurru ja sealt kogutud proovi asukoht (Maa-amet: kaardirakendus)

2.4. Ostrakoodid

Ostrakoodid ehk karpvähilised on vähkide klassi kuuluvad loomad. Kokku on tähendatud üle 70 000 erineva liigi (R. Brusca, jt. 2003), neist enamus fossiilseina.

Alates Ordoviitsiumi ajastu algusest on ostrakoodid enim levinud artropoodid fossiilmaterjali hulgas. Tänu laialdasele levikule ja heale säilivusele on ostrakoodid headeks indeksfossiilideks biostratigraafias ja sobivad kasutamiseks ka paleokeskkondade uurimisel ja kirjeldamisel nii kohalikul kui ka regionaalsel tasandil (Siveter, jt. 2010).

Ostrakoodide suurus jääb 0,2 ja 30 mm vahele, kuid enamiku suurus jääb 1 mm juurde. Karpvähkide keha paikneb kahepoolmelises kojas, mille ehitus on liigiti erinev (Fortey & Thomas 1998). Koda on tavaliselt karbonaatne ja selle peamiseks funktsiooniks on kaitse. Kõhu poolel (ventraalselt) moodustub koja avanemisel pilu, kust ulatuvad välja jäsemed ja osa tagakehast (Barnes 1982). Karpvähilised elavad nii mage-, riim- kui ka merevees ning üksikuid liike on leitud ka mullast (Stout 1963).

Käesolevas töös uuritud ostrakoodid on Hilis-Ordoviitsiumi vanusega. Kokku on Eesti noorema Hilis-Ordoviitsiumis faunas tähendatud 116 perekonda ja 215 eri liiki ostrakooide (Meidla 1996).

3. METOODIKA

3.1 Proovi analüüs

Proovimine ja laboratoorne prepareerimine oli läbi viidud enne käesoleva töö alustamist. Seega oli antud töö paleontoloogiliseks lähtematerjaliks mikropaleontoloogiline preparaat.

Uuritud materjal koosnes ostrakoodide kivistunud kodadest. Kivististisi uuriti valgusmikroskoobiga Leica Stereozoom S9 E ning ostrakoodid kategoriseeriti vastavalt liikidele erinevatesse gruppidesse. Proovist eemaldati materjal, mida ei olnud võimalik määrata. Selle materjali koosseisus olid halva säilivusega ostrakoodid ja juveniilid ehk noorisendid, kellel liigile iseloomulikud tunnused ei olnud veel piisavalt välja kujunenud. Liigid määrati visuaalse vaatluse teel, kasutades selleks Tõnu Meidla monograafias „Late Ordovician Ostracodes of Estonia“ (Meidla 1996) leiduvaid fotosid Hilis-Ordoviitsiumi ostrakoodidest. Liigi määramisel pöörati tähelepanu eelkõige liigile iseloomulikele omadustele nagu iseloomulik kuju, sümmeetria, poolme makrostruktuur ja mikro- ning mesoskulptuur.

3.2 Statistiline analüüs

Statistilise analüüsi läbiviimiseks kasutati olemasolevat informatsiooni Haapsalu 203, Orjaku ja Förby (F369) läbilõigetest (Meidla, 1996 kvantitatiivne andmestik). Töös kasutati nendest läbilõigetest saadud liikide esinemise ja arvukuse tabelit Kõrgessaare kihistus. Selleks koondati kõigi läbilõigete relevantne informatsioon üheks koondandmestikuks, millele lisati ka Kersleti paemurrust pärit proovi andmed.

Statistilise analüüsi teostamiseks kasutati vabavarana kättesaadavat statistikaprogrammi PAST 2.17 (Hammer, jt. 2001).

Koondandmestikust otsiti Kersleti proovile sarnaseimaid proove, milleks teostati klasteranalüüs. Kuna proovides olev liikide arv oli väga erinev, valiti sarnasuse mõõtmiseks Simpsoni indeks, mis võimaldab vähendada proovide väga laia varieeruvuse (eelkõige erineva eksemplaride arvu) mõju lõpptulemusele.

3.3 Biostratigraafia

Stratigraafia on geoloogia haru, mis käsitleb maakoort moodustavate kivimikehade ruumilisi suhteid ja neid kujundanud sündmuste ajalist järgnevust. Stratigraafia eesmärgiks on teha kindlaks maakoore ehitus ja selle arengut mõjutanud protsessid (Murphy & Salvador 2000).

Biostratigraafia on stratigraafia haru, mis tegeleb geoloogiliste kihtide korrelatsiooni ja liigestamisega üksusteks neis sisalduvate fossiilide põhjal. Biostratigraafia tugineb evolutsiooni pöördumatuse põhimõttele, mille kohaselt igale ajaperioodile on iseloomulik teatud elustik ja liigid (Murphy & Salvador 2000).

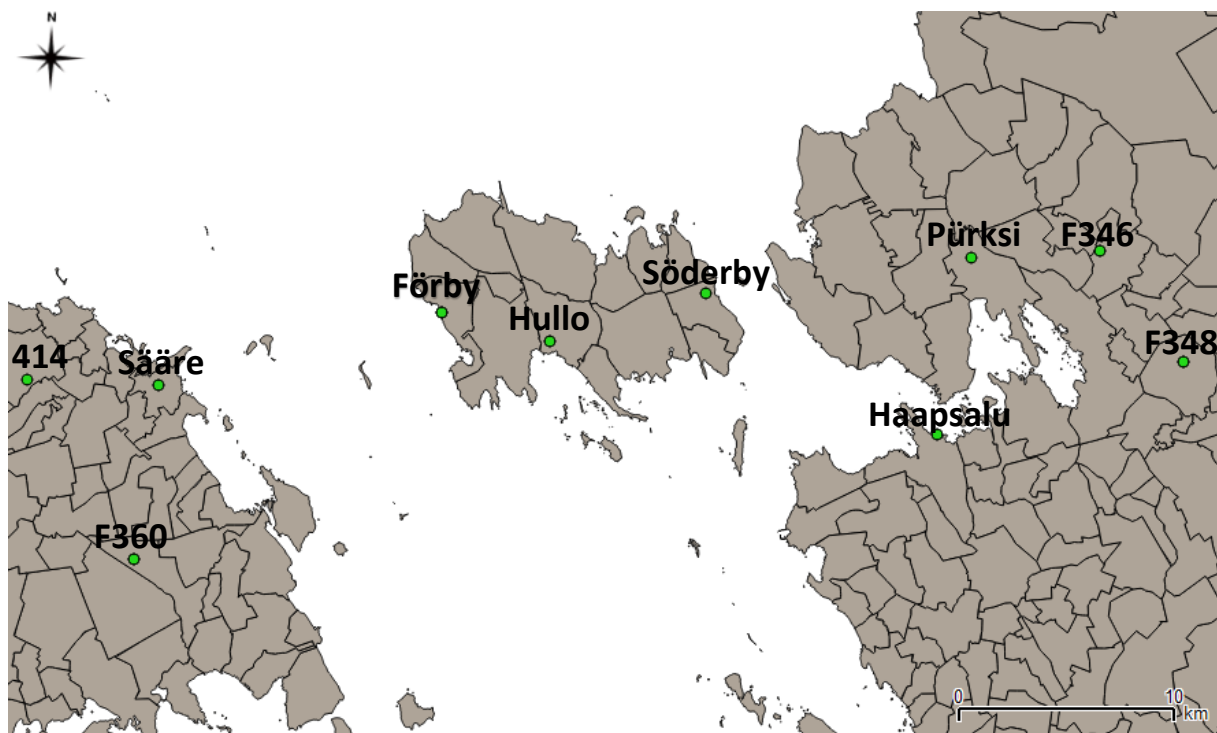
Fossiile, mida kasutatakse kihtide vanuse määramiseks ja eristamiseks, kutsutakse indeksfossiilideks. Nendeks võivad olla nii makroskoopilised kivistised, nagu näiteks trilobiidid ja graptoliidid, kui ka mikroskoopilised, tavaliselt alla 1 mm suurusel kivistised, nagu näiteks ostrakoodid, konodondid ja spoorid. Hea indeksfossiil on liik, mis on laia geograafilise levikuga ja mille eksisteerimine liigina oli lühiajaline. Selle tõttu eelistatakse biostratigraafias selliseid organismide gruppe, mis olid kiire evolutsiooniga (Gehling, jt. 2001).

Kitsa levikuintervalliga indeksfossiilide uurimine on antud töö kontekstis vajalik, kuna kitsas levikuintervall viitab liigi lühiajalisele elueale. Sellised liigid, mis esinevad ainult väga kitsas levikuintervallis, aitavad täpsemalt hinnata uuritavate kihtide vanust.

Käesolevas töös kasutatakse biostratigraafilise analüüsi läbiviimiseks Vormsi saare põhjarannikult Kersleti paemurrust kogutud ostrakoode, mida võrreldi mujal Eestis sama vanusega kihtides esinevate ostrakoodide teadaoleva levikuga (Meidla 1996).

3.4. QGIS analüüs

Kaardianalüüsi eesmärgiks oli hinnata, milline kiht paljandub Kersleti paemurrus. Analüüsi läbiviimiseks kasutati vabavarana kättesaadavat programmi QGIS 2.18 (QGIS Development Team 2018). Analüüsis kasutatavad andmed pärinevad Maa-ameti andmestikust (Maa-amet: puursüdamike andmebaas), professor Tõnu Meidla monograafiast „Late Ordovician Ostracodes of Estonia“ (Meidla 1996) ja Eesti geokogude infosüsteemist (SARV: Eesti geokogude infosüsteem ja andmerepositoorium). Maa-ameti andmetest valiti välja Vormsi saarel ja selle ümbruses puuritud uurimistöö jaoks sobilikud puuraugud. Kõigist kolmest andmeallikast pärit informatsioon puuraukude kohta viidi kokku ühele kaardilehele (Joonis 3). Hindamaks, milline kiht avaldub Kersleti paemurrus, koostati kõigi väljavalitud andmete põhjal Vormsi saare absoluutkõrguste mudel ja paljanduvate kihistute paksusmudelid.



Joonis 3. analüüsitavate puuraukude asukohad

F343 Söderby (Maa-amet: puursüdamike andmebaas)
 F369 Fõrby (Maa-amet: puursüdamike andmebaas)
 Hullo-385 (Meidla 1996)
 F345 Pürksi (Maa-amet: puursüdamike andmebaas)
 F346 (Maa-amet: puursüdamike andmebaas)
 F348 (Maa-amet: puursüdamike andmebaas)
 3 Haapsalu (Maa-amet: puursüdamike andmebaas)
 F360 (Maa-amet: puursüdamike andmebaas)
 F355 Sääre (Maa-amet: puursüdamike andmebaas)
 414 (Maa-amet: puursüdamike andmebaas)

4. TULEMUSED

4.1 Uuritud mikropaleontoloogilise proovi ostrakoodiassotsiatsiooni liigiline koosseis

Proovi uurimisel määratud ostrakoodiassotsiatsiooni liigilise koosseisu andmed koondati üheks tabeliks (Tabel 2). Tabelis on välja toodud perekond, liiginimi, proovis leiduvate eksemplaride arv ja liigile määratud kood. Ostrakoodiliikide koodid on andmetöötuseks kasutusele võetud prof. Tõnu Meidla poolt ja esmakordselt rakendatud publikatsioonis “Results of quantitative stratigraphic correlation of the Middle and Upper Ordovician of Estonia” (Meidla & Pak 1989) ning hiljem täiendatud vastavalt liikide lisandumisele. Proovis esinevate ostrakoodide järjestus on juhuslik.

Saadud tulemused on esitatud järgnevas tabelis (Tabel 2):

Tabel 2. Liikide esinemine uuritavas proovis

LIIGI KOOD	PEREKOND	LIIK	EKSEMPLARIDE ARV
227	<i>Steusloffina</i>	<i>cuneata</i>	14
211	<i>Longiscula</i>	<i>tersa</i>	2
184	<i>Silenis</i>	sp.	7
201	<i>Microcheilinella</i>	<i>lubrica</i>	16
234	<i>Medianella</i>	<i>blidenensis</i>	10
235	<i>Medianella</i>	<i>longa</i>	1
160	<i>Hemeaschmidtella</i>	<i>exula</i>	3
26	<i>Consonopsis</i>	<i>litwiensis</i>	1
222	<i>Rectella</i>	<i>carinaspinata</i>	5
182	<i>Bairdiocypris</i>	<i>indeterminatus</i>	21
81	<i>Gryphiswaldensia</i>	<i>wilnoiensis</i>	1
221	<i>Rectella</i>	<i>romboformis</i>	12
220	<i>Rectella</i>	<i>nais</i>	2
230	<i>Steusloffina</i>	<i>dilatata</i>	5
164	<i>Cryptohyllus</i>	<i>gutta</i>	4
51	<i>Vitteplana</i>	<i>plana</i>	2
236	<i>Medianella</i>	<i>intecta</i>	1
104	<i>Distobolbina</i>	<i>nabalaensis</i>	1
224	<i>Rectella?</i>	<i>proposita</i>	2
198	<i>Dagoerayella</i>	<i>sulcata</i>	1
219	<i>Rectella</i>	sp. ind	2
239	<i>Kroemmelbeinia</i>	<i>spina</i>	2
99	<i>Eoaquapulex</i>	<i>frequens</i>	1

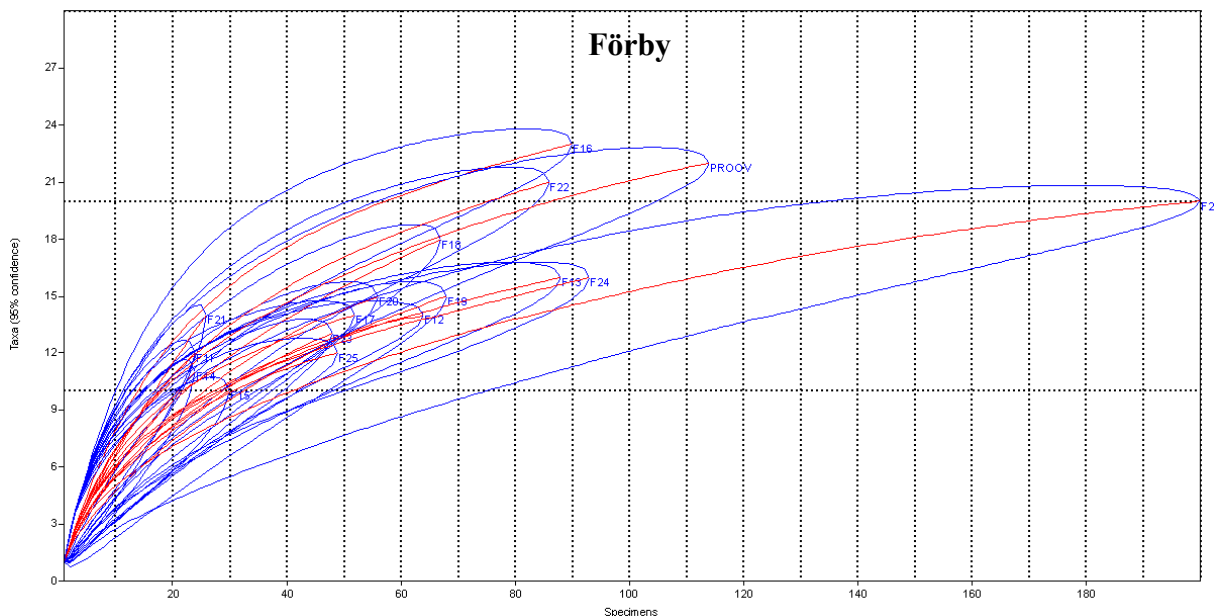
Peale proovi analüüsi pakiti proov kolleksiooniks ja see antakse peale töö kaitsmist hoiule Tartu Ülikooli Loodusmuuseumi kolleksiooninumbriga TUG 1771.

4.2. Statistiline analüüs

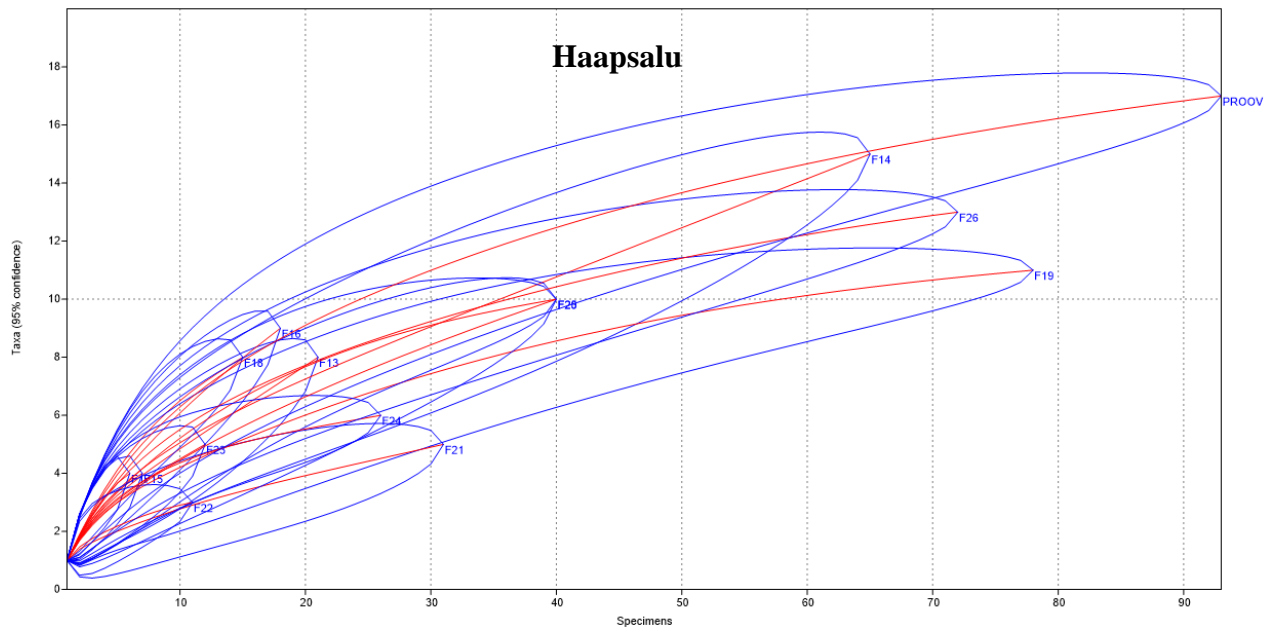
Statistilises analüüsis prooviti kõigepealt kasutada ka koondandmestiku töötlust. Andmete rohkuse ja keerukuse tõttu osutus see meetod antud töö jaoks mitesobivaks, sest tulemus oli raskesti interpreteeritav.

Koondfailimaatriks on lisatud uurimustöö lisasse (Lisa, Tabel 1).

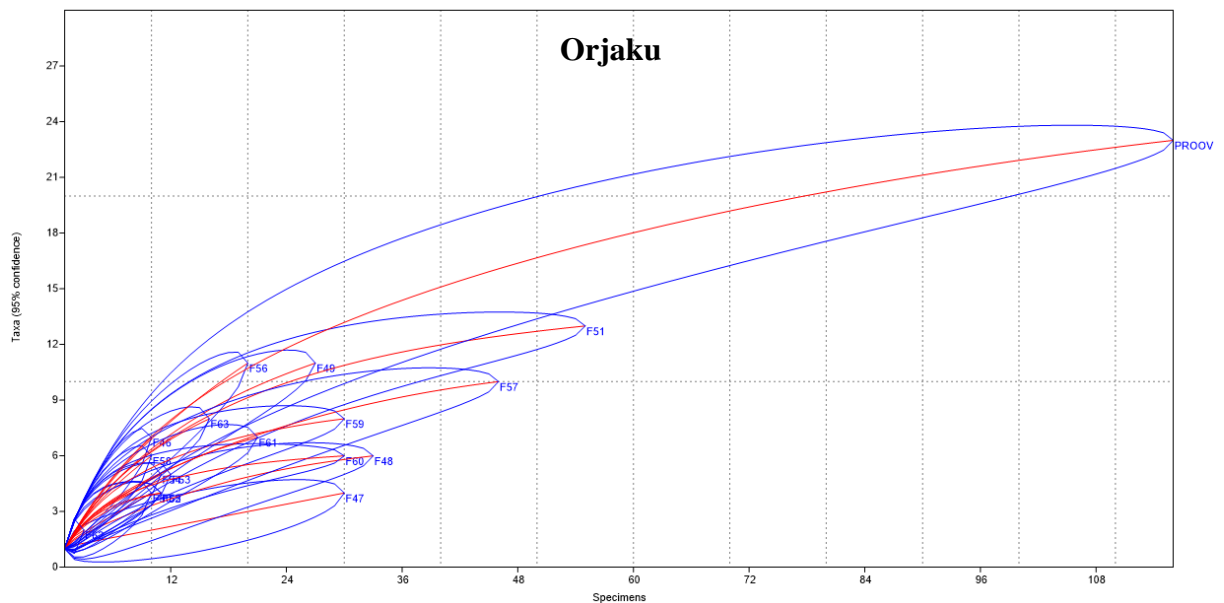
Järgnevalt hinnati paleontoloogilist andmekvaliteeti läbilõigete kaupa, saamaks teada, millise puuraugu andmed sobivad kõige paremini võrdlusmaterjaliks Kersleti paemurru prooviga. Kasutades programmpaketi PAST 2.17 (Hammer jt. 2001) *individual rarefaction* funktsiooni ilmses, et Orjaku ja Haapsalu 203 proovid (Joonis 5. ja 6.) on uuritud prooviga võrreldes üsna ebaesinduslikud, kuna nende jaotusfunktsiooni kõverad on võrreldes uuritava prooviga lamedamad ja mitteküllastunud. Ainus läbilõige, mis on kvaliteedi poolest võrdluse jaoks sobilik, on Förby läbilõige (Joonis 4.).



Joonis 4. Förby läbilõike andmekvaliteet (Meidla 1996) võrrelduna Kersleti paemurru prooviga. Joonisel on näha, et jaotusfunktsiooni kõveratest on osad küllastunud ja uuritava proovi kõver langeb kokku teiste kõveratega.



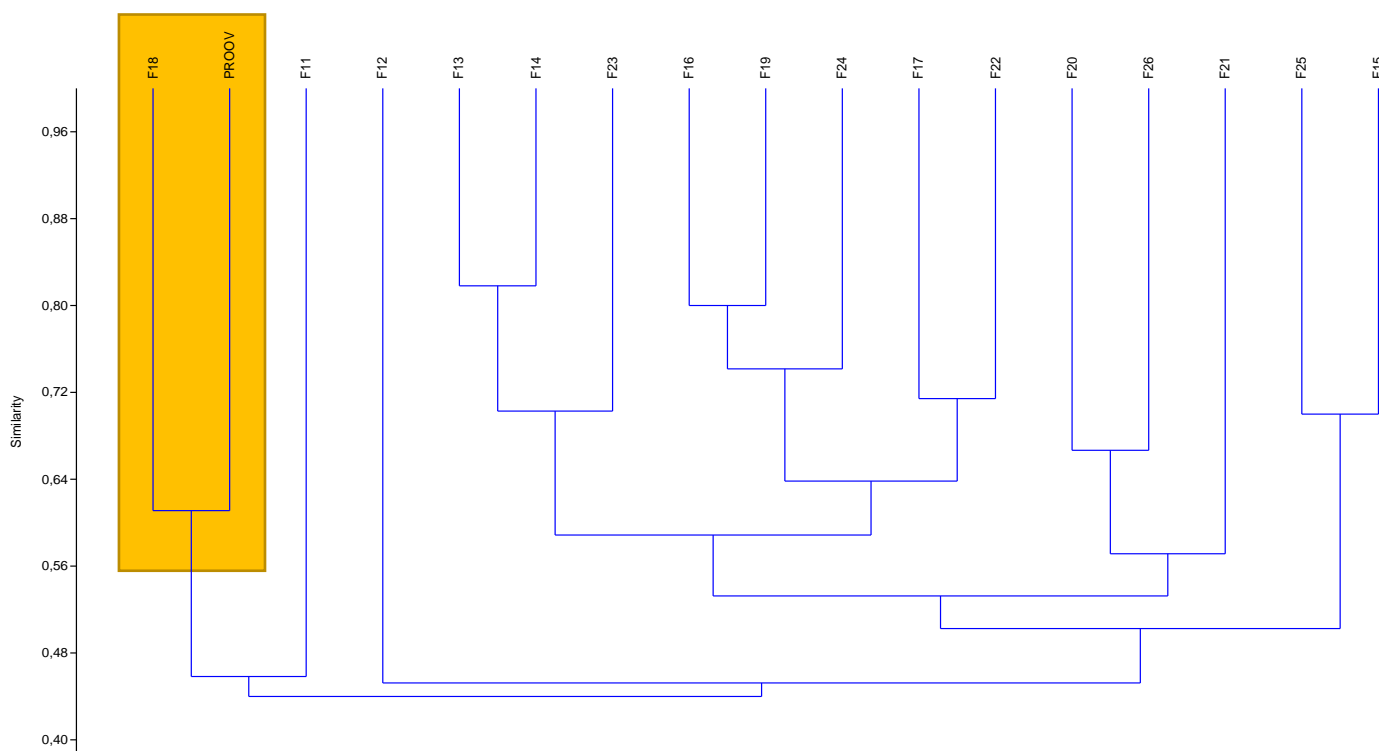
Joonis 5. Haapsalu läbilõike andmekvaliteet (Meidla 1996) võrrelduna Kersleti paemurru prooviga. Haapsalu läbilõige pole antud töö jaoks parim, kuna jaotusfunktsiooni kõverad on võrreldes uuritava prooviga enamasti alaküllastunud ning eksemplaride arv proovides sageli väike.



Joonis 6. Orjaku läbilõike andmekvaliteet (Meidla 1996) võrrelduna Kersleti paemurru prooviga. Orjaku läbilõige pole antud töö jaoks parim, kuna jaotusfunktsiooni kõverad on võrreldes uuritava proovi omaga enamasti alaküllastunud ning eksemplaride arv proovides sageli väike.

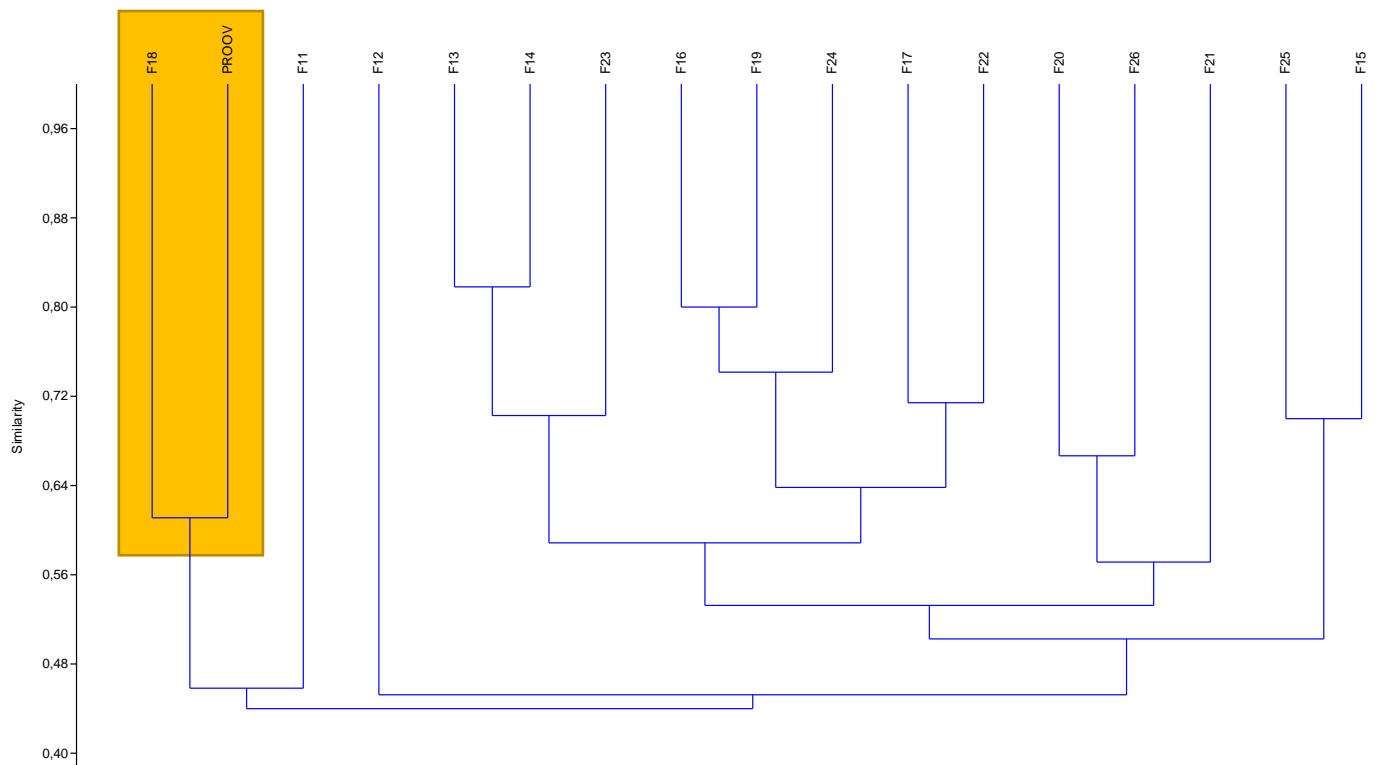
Edasiseks analüüsi aluseks võeti Förby (F369) läbilõike andmed. Nendest eemaldati mitteinformatiivsed andmed, ehk liigid, mis selles konkreetses läbilõikes puuduvad või esinevad vaid ühes proovis.

Leidmaks, milline proov Förby läbilõikest on lähimaks vasteks Kersleti proovile, kasutati klasteranalüüsi. Förby proovide andmestikus varieerub isendite arvukus 24-st kuni 200-ni, järelikult ei sobi andmetöötlemiseks kuigi hästi Eukleidese distant, kuna proovide erinev suurus hakkab tulemusi väga olulisel määral mõjutama. Selle tõttu kasutati Simpsoni indeksit, kuna see annab proovi suurusest vähem mõjutatud võrdluse. Selle järgi osutub lähimaks prooviks nr. 18, mis asub läbilõike keskel (Joonis 7).



Joonis 7. Förby läbilõike ja Kersleti paemurru proovi sarnasust kajastav dendrogramm.

Kinnitamaks tulemuse õigsust kontrolliti, kas samad seosed kehtivad ka mittekvantitatiivsete andmete korral (esinemine ja puudumine märgitud vastavalt 1 ja 0 – joonis 8).



Joonis 8. Förby läbilõike ja Kersleti paemurru proovi sarnasust kajastav dendrogramm, esinemise-puudumise andmete põhjal.

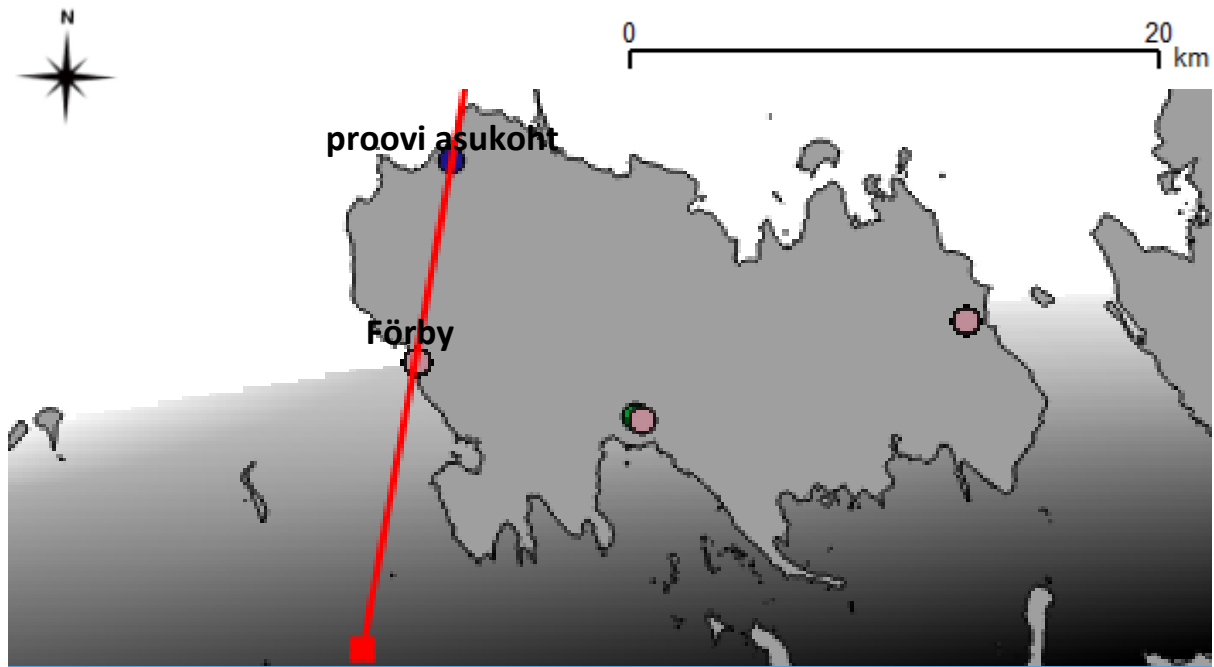
Statistiline analüüs näitab, et Kersleti paemurrust pärit proov on kõige sarnasem Förby läbilõike proovile F18. Proov F18 on pärit Kõrgessaare kihistu keskosast, Förby puursüdamikust sügavuselt 21,1 meetrit, kihistu alumisest piirist ca 4 meetrit kõrgemalt (Meidla 1996).

4.3 GQIS tulemused

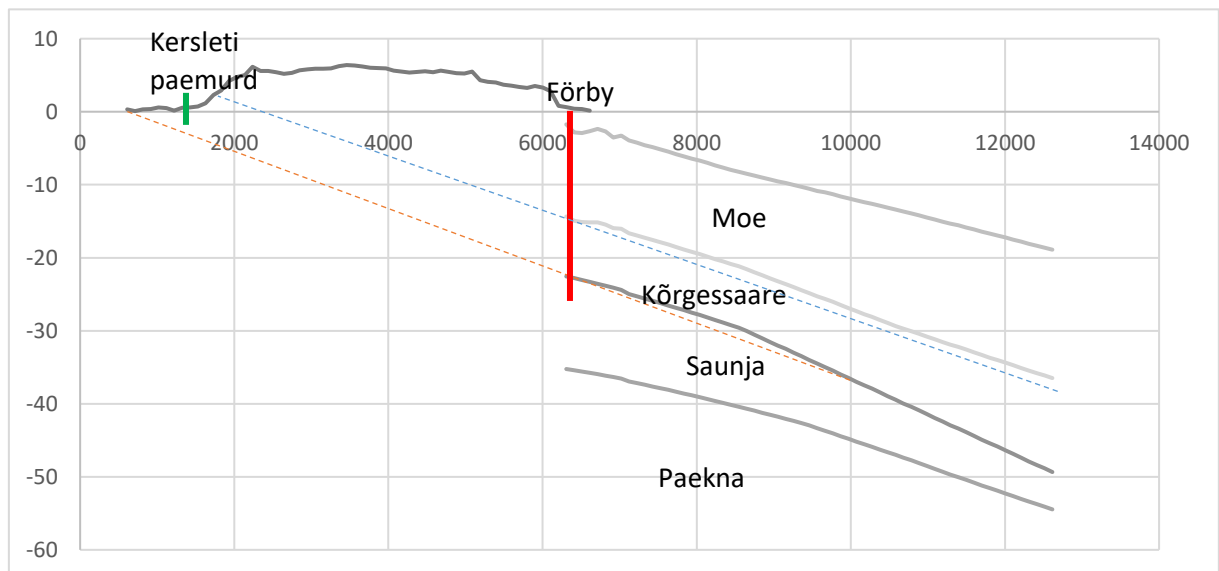
Kihipindade modelleerimise käigus loodi Vormsi saare aluspõhja kihtide mudel. Vaatamata sellele, et moodustatud mudel ei ulatu saare põhjarannikule, on sellegi poolest võimalik hinnata sealsete kihtide avanemist, oletades, et pindade tõusunurk ja kihistute paksused lühikesel distantil oluliselt ei muutu.

Profiil loodi viisil, et see läbiks Kersleti peamurrust kogutud proovi asukohta ja vähemalt ühte puurauku. See läbib seega proovi asukohta ja Förby (F369) puurauku (Joonis 9) Läbilõike andmed viidi Microsoft Excelisse (2010), kus moodustati profiil (Joonis 10). See võimaldab anda ligikaudse hinnangu Kersleti paemurrus avanevale kihile.

Kõrgessaare ja Saunja kihistu kihipindade avanemise hindamiseks loodi hinnangulised kihipindade mudelid. Selle moodustamiseks võeti arvesse Förby (F369) puuraugus mõõdetud Kõrgessaare kihistu paksus (Meidla 1996, joonis 31). Mudel (Joonis 10) moodustati eeldusel, et sama kihipaksus jätkub kuni avanemiseni maapinnal.



Joonis 9. Joonisel on märgitud läbilõike ulatus. Läbilõige läbib proovi asukohta ja Förby puurauku. Taustal on näha absoluutkõrguste modelleeritud mudeli ulatust Vormsi saarel.



Joonis 10. Joonisel on märgitud läbilõike profiil. Förby (F369) puurauk kogu tema ulatuses (Meidla 1996) on märgitud punase joonega ja proovi asukoht on märgitud rohelise kriipsuga.

Profili läbilõike jooniselt saab hinnata Kõrgessaare kihistu alumise piiri sügavuseks Kersleti paemurru kohal ligikaudu 3,5 meetrit ning kaugust paljandist kuni punktini, kus Kõrgessaare kihistu alumine piir jõuab meretasemeni umbes 800 meetrit. Arvestades, et Kõrgessaare kihistu paksuseks on Hullo 358 läbilõikes mõõdetudu 9,2 meetrit ja Förby (F369) läbilõikes 9,9 meetrit (Hints & Meidla 1997b), võib järeldada, et paemurrus avalduvad kihistu alumised kihid.

4.3 Biostratigraafiline analüüs

Biostratigraafilise analüüsi tulemusena loodi tabel, kus on märgitud Vormsi saarel avanevates kihistutes esinevad ostrakoodide liigid (Meidla 1996). Lisaks on tabelisse viidud ka Kersleti paemurru proovi analüüsi tulemused.

Tabel 3. Kõigi Vormsi saarel avanevate kihtide (Meidla 1996) ja Kersleti paemurrust pärit proovis esinevate ostrakoodide koondtabel.

LIIGI KOOD	PEREKOND	LIIK	PAEKNA	SAUNJA	KÕRGES- SAARE	MOE	PROOV (KERSLETI)
1	<i>Lembitites</i>	<i>incognitus</i>	+				
4	<i>Oepikella</i>	<i>luminosa</i>	+	+	+	+	
5	<i>Platybolbina</i>	<i>maslovi</i>				+	
6	<i>Platybolbina</i>	<i>orbiculata</i>	+	+	+	+	
9	<i>Platybolbina</i>	<i>tiara</i>			+	+	
12	<i>Cystomatochilina</i>	<i>umbonata</i>	+		+	+	
13	<i>Cystomatochilina</i>	<i>clivosa</i>	+				
14	<i>Ectoprimitia</i>	<i>corrugata</i>			+	+	
18	<i>Ampletochilina</i>	<i>granifera</i>			+	+	
19	<i>Ampletochilina</i>	<i>trapezoidea</i>			+	+	
21	<i>Piretella</i>	<i>acmaea</i>	+	+	+	+	
81	<i>Gryphiswaldensia</i>	<i>wilnoiensis</i>			+	+	+
89	<i>Uhakiella</i>	<i>curta</i>	0	+			
90	<i>Euprimites</i>	<i>kahalaensis</i>	+	+			
91	<i>Piretia</i>	<i>rugosa</i>				+	
94	<i>Tvaerenella</i>	<i>longa pretiosa</i>	+	+	+		
95	<i>Tvaerenella</i>	<i>expedita</i>			+	+	
97	<i>Retiprimites</i>	<i>reticularis</i>	+		+	+	
99	<i>Eoaquapulex</i>	<i>frequens</i>			+	+	+
100	<i>Brevibolbina</i>	<i>dimorpha</i> <i>dimorpha</i>	+	+			
101	<i>Brevibolbina</i>	<i>dimorpha</i> <i>altonodosa</i>			+	+	
102	<i>Brevibolbina</i>	<i>pontificans</i>				+	
103	<i>Distobolbina</i>	<i>tuberculata</i>			+	+	
104	<i>Distobolbina</i>	<i>nabalaensis</i>	+	+	+		+
68	<i>Rakverrella?</i>	<i>sp.n.</i>					
75	<i>Tetrada</i>	<i>neckajae</i>	+				

76	<i>Tetrada</i>	<i>variabilis</i>	+				
78	<i>Quadritia</i>	<i>iunior</i>		+			
29	<i>Tetradella</i>	<i>plicatula</i>				+	
25	<i>Tetradella</i>	<i>egorowi</i>	+	+	+	+	
27	<i>Tetradella</i>	<i>pulchra</i>	+	+	+		
45	<i>Foramenella</i>	<i>parkis</i>			+	+	
26	<i>Consonopsis</i>	<i>litwiensis</i>	+	+	+	+	+
33	<i>Kiesowia</i>	<i>dissecta</i>	+	+	+	+	
34	<i>Kiesowia</i>	<i>regalis</i>	+				
38	<i>Concavhithis</i>	<i>nebeni</i>			+		
41	<i>Seviculina</i>	<i>reticulata</i>	+	0		?	
42	<i>Seviculina</i>	<i>sp.n.</i>			+		
43	<i>Sigmobolbina</i>	<i>camarota</i>	+	+	+		
49	<i>Podolibolbina</i>	<i>cf. podolica</i>			+		
50	<i>Hippula</i>	<i>eddolensis</i>	+		+		
51	<i>Vitteplana</i>	<i>plana</i>			+	+	+
53	<i>Vitteplana</i>	<i>invasa</i>	+		+		
54	<i>Loculibolbina</i>	<i>primitiva</i>	+	+	+	+	
60	<i>Disulcina</i>	<i>minata</i>			+	+	
61	<i>Airina</i>	<i>cornuta</i>	+	+	+	+	
106	<i>Bolbina</i>	<i>major</i>	+	0	0		
107	<i>Bolbina</i>	<i>plicata</i>	+	+			
109	<i>Bolbina</i>	<i>rakverensis</i>		0	?		
110	<i>Bolbina</i>	<i>saxbya</i>		+	+	+	
111	<i>Bolbina</i>	<i>cf. valensis</i>				+	
105	<i>Bolbina?</i>	<i>globosa</i>		+		+	
113	<i>Kinnekullea</i>	<i>hesslandi</i>		+			
122	<i>Klimphores</i>	<i>simplex</i>	+				
127	<i>Klimphores</i>	<i>plienkalsnensis</i>	+	0			
129	<i>Bullaeferum</i>	<i>tapaensis</i>	+	+	+	+	
134	<i>Crescentilla?</i>	<i>baltica</i>		+			
136	<i>Pseudulrichia?</i>	<i>tubulata</i>		+			
245	<i>Pyxion</i>	<i>rakverensis</i>			?		
147	<i>Easchmidtella</i>	<i>angulata</i>			+	+	
148	<i>Easchmidtella</i>	<i>orbicularis</i>				+	
146	<i>Arpaschmidtella</i>	<i>abnormis</i>	+	+	+	+	
131	<i>Pseudoancora</i>	<i>parovina</i>		+			
149	<i>Baltonotella</i>	<i>ledaia</i>	+	+	+	+	
150	<i>Baltonotella</i>	<i>mistica</i>	0	+	+	+	
151	<i>Baltonotella</i>	<i>limbata</i>		+	+	+	
154	<i>Longidorsa</i>	<i>humilis</i>			+	+	
156	<i>Longidorsa?</i>	<i>porkuniensis</i>				+	
157	<i>Hemiaechminoides</i>	<i>rossica</i>		+	+	+	
158	<i>Hemiaechminoides</i>	<i>excentricus</i>				+	
159	<i>Hemiaechminoides</i>	<i>minusculus</i>	+	+			
160	<i>Hemiaechminoides</i>	<i>exula</i>	+	+	+	+	+

162	<i>Hemiaechminoides</i>	<i>faba</i>			+		
152	<i>Ahlintella?</i>	<i>marginata</i>		+		+	
164	<i>Cryptophyllus</i>	<i>gutta</i>	+	+	+	+	+
177	<i>Disparigonya</i>	sp.n.		+			
153	<i>Estonaceratella</i>	<i>estona</i>			+	+	
165	<i>Priminsolenia</i>	<i>insolens</i>	+				
167	<i>Leperditella</i>	<i>brachynotos</i>	+	+	+	+	
170	<i>Ordovizona</i>	<i>sulcata</i>		+	+		
180	<i>Olbianella</i>	<i>fabacea</i>	+	+	+	+	
182	<i>Bairdiocypris</i>	<i>indeterminatus</i>	+	+	+	+	+
183	<i>Silenis?</i>	<i>trapeziformis</i>	+		+	+	
184	<i>Silenis?</i>	sp.n.	+	+	+	+	+
185	<i>Bulbosclerites</i>	<i>unicornis</i>				0	
187	<i>Uthoernia</i>	<i>lunata</i>				+	
211	<i>Longiscula</i>	<i>tersa</i>	+	+	+	0	+
212	<i>Longiscula</i>	<i>obliqua</i>		+	+	+	
213	<i>Longiscula</i>	<i>perfecta</i>	+	+	+	+	
214	<i>Longiscula</i>	<i>porrecta</i>			0	0	
253	<i>Longiscula</i>	<i>ovata</i>				+	
216	<i>Pullvillites</i>	<i>rostratus</i>	+		+		
217	<i>Pullvillites</i>	<i>laevis</i>	+	+	+	+	
218	<i>Pullvillites?</i>	<i>inornatus</i>				+	
188	<i>Trapezisyllthere</i>	<i>admirebilis</i>			+		
227	<i>Steusloffina</i>	<i>cuneata</i>	+	+	+	+	+
230	<i>Steusloffina</i>	<i>dialata</i>			+	+	+
231	<i>Steusloffina?</i>	sp.1				+	
233	<i>Steusloffina?</i>	sp.3			+	+	
235	<i>Medianella</i>	<i>longa</i>	+		+	+	+
236	<i>Medianella</i>	<i>intecta</i>	+	+	+	+	+
237	<i>Medianella</i>	<i>blidenensis</i>	+	+	+	+	+
239	<i>Kroemmelbeinia</i>	<i>spina</i>		+	+	?	+
241	<i>Crucicornina</i>	sp.			+		
201	<i>Microcheilinella</i>	<i>lubrica</i>	+	+	+	+	+
204	<i>Microcheilinella</i>	<i>dagoensis</i>				+	
205	<i>Microcheilinella</i>	<i>pirguensis</i>				+	
206	<i>Daleiella</i>	<i>admiranda</i>			0		
189	<i>Krausella</i>	sp.n.			+		
190	<i>Reversocypris?</i>	<i>nabalaensis</i>	+	+	+		
191	<i>Pseudorayella</i>	<i>concinna</i>	+	+	+	0	
193	<i>Cadmea</i>	sp.			+	+	
194	<i>Revisyllthere</i>	<i>breviclastrum</i>			+		
196	<i>Krauseloides?</i>	sp.n.	+		+	+	
197	<i>Dagoerayella</i>	<i>elongatus</i>		+	+	+	
198	<i>Dagoerayella</i>	<i>sulcata</i>				+	+
199	<i>Estoniosyllthere</i>	<i>cristata</i>	+	+	+	+	
220	<i>Rectella</i>	<i>nais</i>	+	+	+	+	+

221	<i>Rectella</i>	<i>romboformis</i>	+	+	+	+	+
222	<i>Rectella</i>	<i>carinaspinata</i>	+	+	+	+	+
224	<i>Rectella?</i>	<i>proposita</i>			+	+	+
243	<i>Brevantia</i>	<i>antis</i>	+	+	+		
244	<i>Brevantia</i>	<i>brevis</i>	+	+			

Koondtabeli analüüsil selgub, et liikide hulgas on piisavalt neid, mille teadaolev ilmumine leiab aset Saunja kihistust kõrgemal, nendeks on *Vitteplana plana*, *Gryphiswaldensia wilnoiensis*, *Eoaquapulex frequens*, *Dagoerayella sulcata*, *Steusloffina diatata*, ning liike, mille noorimad leiud on seotud Kõrgessaare kihistuga *Distobolbina nabalaensis* (Meidla 1996), seega on antud proov kindlasti Kõrgessaare kihistust pärit ja mitte Saunja ega Moe kihistust.

Mitmetes Vormsi lademe läbilõigetel on Kõrgessaare kihistu alumistele kihtidele iseloomulike liikide *Daleiella admiranda*, *Pullvillites rostratus* leiud teada vaid Kõrgessaare kihistu alumistest kihtidest. Samuti on alumiste kihtidega sageli seotud *Brevibolbina dimorpha altonodosa* kõrge arvukus (Meidla 1996). Ühtki nimetatud liikidest uuritud proovis ei esine, hoolimata selle rikkalikust koosseisust ja eksemplaride piisavast arvust. See lubab kindlamalt kinnitada statistilise analüüsi tulemust, et proov ei pärine Kõrgessaare kihistu basaalkihtidest.

5. ARUTELU

Põhja-Vormsi stratigraafiat on seal tugipuuraukude vähesuse tõttu keeruline analüüsida. Puuraukude puudumist on korvanud suhteliselt hea paljanduvus (rannikupaljandid, vanad murrugaugud), kuid praegune arusaam sealsest aluspõhja geoloogiast ei sobi hästi kokku muude avaldatud andmetega. Geoloogilisel kaardil mõõtkavas 1:400 000 Maa-Ameti veebirakenduses on saare põhjarannikule märgitud Saunja kihistu leviala. Selle teadmisega on vastuolus Rõõmusoksa (1996) kinnitus, et Kersleti läbilõikes on tegemist Kõrgessaare kihistu keskmiste kihtidega.

Biostratigraafia ja QGIS tarkvara põhjal moodustatud profiilide põhjal võib väita, et praegune arusaam Põhja-Vormsi aluspõhja geoloogiast, nii nagu seda on kajastatud geoloogilisel kaardil, ei pruugi olla päris tõele vastav.

Biostratigraafilisel analüüsil tuleb välja, et proovist puuduvad Kõrgessaare kihistu alumistele kihtidele iseloomulikud ostrakoodid *Daleiella admiranda*, *Pullvillites röstritus* ja *Brevibolbina dimorpha altonodosa* (Meidla 1996). See viitab, et väga tõenäoliselt ei pärine proov Kõrgessaare kihistu basaalkihtidest.

Ostrakoodiassotsiatsiooni koosseisu vaadates on uuritud proovil kõige suurem sarnasus Förby puursüdamiku prooviga 18, mis pärineb Kõrgessaare kihistu alumisest piirist ca 4 meetrit kõrgemalt (Meidla 1996, joonis 31).

QGIS analüüs näitab, et kihistu alumine piir võiks mudeli järgi olla paljandi kohal ligikaudu kolme ja poole meetri sügavusel, mis viitab sellele, et Kersleti paemurrus avalduvad Kõrgessaare kihistu alumine pool, kuid mitte kõige alumised kihid. See pind kerkib meretasemini hinnanguliselt 800 meetrit proovi asukohast põhja pool.

Kuna mitmel eri meetodil sõltumatult saadud tulemused langevad üldjoontes kokku, on põhjust oletada, et Saunja kihistu avamus peaks paikne kaugemal põhjas kui seda kujutab Eesti geoloogiline kaart mõõtkavas 1:400 000. Kui Vormsi saare lääneosa ehitust ei mõjuta tektoonilised rikked (ja geoloogilised andmed selle kohta näivad seni puuduvat), siis võiks eeldada, et Kersleti paemurrus paljandub Kõrgessaare kihistu keskmiste kihtide alumine osa.

Võttes arvesse uurimustöö tulemusi, võib Vormsi põhjaosa aluspõhja geoloogiline kaart vajada uuendamist. Otstarbekas oleks läbi viia täiendavaid geoloogilisi uuringuid.

6. KOKKUVÕTE

Töö eesmärgiks oli Põhja-Vormsi geoloogilise ehituse täpsustamine, kasutades selleks integreeritult biostratigraafilist ja GIS metoodikat.

1. Biostratigraafiliste uuringute tulemuste kohaselt ei kuulu Kersleti paemurrust kogutud proov Kõrgessaare kihistu basaalkihtidest, millele viitab sellistele kihtidele omaste ostrakoodide *Daleiella admiranda*, *Pullvillites rostratus* ja *Brevibolbina dimorpha altonodosa* puudumine proovist (Meidla 1996). Statistiline analüüs näitab suurimat sarnasust Förby (F369) puuraugu F18 prooviga, mis asub kihistu alumisest piirist ca 4 meetrit kõrgemalt (Meidla 1996, joonis 31).
2. QGIS annab tulemuseks, et kihistu alumine piir on paljandi asukohas hinnanguliselt 3,5 meetri sügavusel. Selle baasil on võimalik konstrueerida piiri geograafiline asukoht ca 800 meetrit proovi asukohast põhjapoole.
3. QGIS tulemused viitavad, et Saunja kihistu paljastub kaugemal põhjas kui seda kujutab Eesti geoloogiline kaart mõõtkavas 1:400 000.
4. Mitme sõltumatu meetodiga saadud, omavahel üsna hästi kokku langevad tulemused lubavad oletada, et kui saare lääneosas ei esine tektoonilisi rikkeid, siis võib selle piirkonna aluspõhja geoloogiline kaart vajada täpsustamist.

VIITED

- Barens, R. D. 1982. *Invertebrate Zoology*. Holt-Saunders International, Philadelphia. pp 680-683. ISBN 0-03-056747-5
- Brusca, R. C. & Brusca, G. J. 2003. *Invertebrates, 2nd Edition*. Sinauer Associates, Sunderland, Massachusetts. xix + 936 pp. ISBN 0-87893-097-3
- Fortey, R. A. & Thomas, R. A. 1998. *Arthropod Relationships*. – Chapman & Hall, London. ISBN 978-0-412-75420-3.
- Gehling, J., Jensen, S., Droser, M., Myrow, P. & Narbonne, G. 2001. Burrowing below the basal Cambrian GSSP, Fortune Head, Newfoundland. – *Geological Magazine*, 138(2), 213-218. doi:10.1017/S001675680100509X
- Grandstein, F., Ogg, J., Schmitz, M. & Ogg, G. 2012. *The Geologic Time Scale 2012*. The Boulevard, Langford Lane, Kidlington, Oxford. ISBN: 978-0-44-459434-1
- Hammer, Ø., Harper, D.A.T. & Ryan, P.D. 2001. PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. – *Palaeontologia Electronica* 4(1): 1-9. http://palaeo-electronica.org/2001_1/past/issue1_01.htm
- Hints, L. Meidla, T. 1997a. Nabala stage. In: Raukas, A. & Teedumäe, A. (eds), *Geology and mineral resources of Estonia*. Estonia Academy Publishers, Tallinn, 80-01.
- Hints, L. & Meidla, T. 1997b. Vormsi stage. – In: Raukas, A. & Teedumäe, A. (eds), *Geology and mineral resources of Estonia*. Estonia Academy Publishers, Tallinn, 81-82.
- Hints, L. & Meidla, T. 1997c. Pirgu stage. – In: Raukas, A. & Teedumäe, A. (eds), *Geology and mineral resources of Estonia*. Estonia Academy Publishers, Tallinn, 82-85.
- Jaanusson, V. 1939a. Geoloogilisi märkmeid Vormsilt. – *Loodusesõber* 12, 17-19
- Jaanusson, V. 1939b. Ühest Vormsi ainulaadsusest – Huitbergist. – *Loodusesõber* 12, 13-15
- Meidla, T. 1996. Late Ordovician ostracodes of Estonia. – *Fossilia Baltica* 2. Tartu University Press, Tartu. lk 1-224.
- Meidla, T., Isakar, M. & Rõõmusoks, A. 2001. Vormsi saare aluspõhja geoloogia. – *Estonia Maritima* 5. lk 17-27.
- Meidla, T., Ainsaar, L. & Hints, O. 2014. The Ordovician System in Estonia. In: Bauert, H., Hints, O., Meidla, T. & Männik, P. (eds). *4th Annual Meeting of IGCP 591, Estonia, 10-19 June 2014. Abstracts and Field Guide*. University of Tartu, Tartu, 118-121.
- Murphy, M. A. & Salvador, A. 2000. International Stratigraphic Guide — An abridged version. – *International Subcommission on Stratigraphic Classification of IUGS International Commission on Stratigraphy*, Commission on Stratigraphy. 225-271.

Meidla, T. & Pak, D. 1989. Rezultaty kolichestvennoi stratigraficheskoi korrelyacii srednego i verhnego ordovika Estonii: ostrakody. In: Oleinikov, A. N. & Rubel. M. P. *Quantitative stratigraphy - retrospective evaluation and future development*. Tallinn: Eesti NSV Teaduste Akadeemia, 127–138. [vene k.]

Nestor, H., Soesoo, A., Linna, A., Hints, O. & Nõlvak, J. 2006. *Ordoviitsium Eestis ja Lõuna-Soomes*. GEOGuide Baltoscandia. Tallinn. lk 1-12.

Nõlvak, J. 1984. Happeresistentsete mikrofossiilide levik Põhja-Baltikumi Ashgilli läbilõigetes. VINITI, no. 8209-84. Tallinn Eesti NSV Teaduste Akadeemia Geoloogia Instituut, 1-69. [vene k.]

QGIS Development Team (2018). QGIS Geographic Information System. Open Source Geospatial Foundation Project. <http://qgis.osgeo.org>

Raukas, A., Teedumäe, A. (eds). 1997. *Geology and Mineral Resources of Estonia*. Estonian Academy Publishers, Tallinn. 436 pp. ISBN 9985-50-185-3

Rõõmusoks, A. 1966. *Viru ja Harju seeria (Ordoviitsium) stratigraafia Põhja-Eestis*. Käsikirjaline doktoritöö. Tartu, 1-1227. [vene k.]

Schmidt, F. 1858. Untersuchungen über die Silurische Formation von Ehstland Nord-Livland und Oesel. – *Archiv für die Naturkunde Liv-, Ehst-, und Kurlands* 2: lk 1-248.

Siveter, David J., Briggs, D. E. G., Siveter Derek J. & Sutton, M. D. 2010. An exceptionally preserved myodocopid ostracod from the Silurian of Herefordshire, UK. – *Proceedings of the Royal Society*, **B. 277** (1687): 1539–1544. doi:10.1098/rspb.2009.2122.

Stout, J. D. 1963. The Terrestrial Plankton. *Tuatara* **11** (2). Soil Bureau, D.S.I.R., Wellington. pp 57-65.

INTERNETIALLIKAD

Maa-amet: 1:400 000 Eesti geoloogiline kaart. Kasutatud 18.05.2018. <http://xgis.maaamet.ee/xGIS/XGis>

Maa-amet: geoportaal. Kasutatud 15.05.2018. <https://geoportaal.maaamet.ee/est/>

Maa-amet: maainfo kaardirakendus. Kasutatud 18.05.2018. <http://xgis.maaamet.ee/xGIS/XGis>

Maa-amet: puursüdamike andmebaas: Kasutatud 05.04.2018. <https://geoportaal.maaamet.ee/est/Andmed-ja-kaardid/Geoloogilised-andmed/Puursudamikud/Puursudamike-andmebaas-p382.html>

SARV: Eesti geokogude infosüsteem ja andmepositoorium. Kasutatud 05.04.2018. <http://geokogud.info/>

SUMMARY

Bedrock geology of the northern part of Vormsi Island

The main aim of this paper was to evaluate the stratigraphic subdivision in the northern part of the Island of Vormsi, using integrated biostratigraphic and QGIS modelling methods.

1. Based on the biostratigraphic research in this paper the Kersleti quarry does not belong to the same strata as the base layers of Kõrgessaare formation. It is indicated by the lack of unique species of ostracodes in the sample: *Daleiella admiranda*, *Pullvillites rostratus* ja *Brevibolbina dimorpha altonodosa*. Statistic analysis shows the greatest resemblance with F18 sample from Förby (F369) core sample, which is located ca 4 meters higher than the base layers.
2. QGIS results show the base layer to be around 3,5 meters below the quarry. Based on this information this layer rises to the sea level ca 800 meters north from the location of the sample.
3. QGIS results indicate the opening of Saunja formation to be located much more north than is shown on the Estonian geological base map 1: 400 000.
4. Based on the similarity of results from several research methods and assuming there has been no tectonic faults in the islands western part, we can propose that the geological base map in this area needs further research.

LISA

Tabel 1: Förby, Orjaku ja Haapsalu läbilõigete koondandmestiku maatriks

	O	F11	F12	F13	F14	F15	F16	F17	F18	F19	F20	F21	F22	F23	F24	F25	F26	F13	F14	F15	F16	F17	F18	F19	F20	F21	F22	F23	F24	F25	F26	F46	F47	F48	F49	F50	F51	F52	F53	F54	F55	F56	F57	F58	F59	F60	F61	F62	F63	PROOV			
F11		1	0,41667	0,5	0,54545	0,3	0,41667	0,41667	0,41667	0,41667	0,41667	0,25	0,58333	0,5	0,25	0,33333	0,66667	0,5	0,33333	0,25	0,33333	0,5	0,375	0,27273	0,3	0,6	0,33333	0,4	0,66667	0,4	0,33333	0,28571	0,25	0,33333	0,36364	0,75	0,16667	0,25	0,2	0,2	0,25	0,36364	0,3	0,33333	0,375	0,16667	0,28571	0,5	0,25	0,5			
F12		0,41667	1	0,5	0,45455	0,4	0,64286	0,28571	0,28571	0,5	0,28571	0,28571	0,64286	0,53846	0,5	0,41667	0,42857	0,375	0,35714	0,25	0,33333	0,25	0,5	0,45455	0,6	0,4	0,66667	0,4	0,66667	0,4	0,5	0,42857	0	0,5	0,27273	0,5	0,38462	0,5	0,6	0,6	0,5	0,36364	0,3	0,33333	0,375	0,5	0,57143	1	0,25	0,42857			
F13		0,5	0,5	1	0,81818	0,5	0,625	0,5	0,375	0,6	0,46667	0,42857	0,5625	0,76923	0,4375	0,5	0,625	0,75	0,46667	0,5	0,66667	0,25	0,75	0,54545	0,7	0,8	0,66667	0,6	0,83333	0,5	0,66667	0,57143	0,75	0,66667	0,54545	0,75	0,46154	0,75	0,8	0,6	0,75	0,54545	0,6	0,5	0,625	0,66667	0,71429	1	0,5	0,375			
F14		0,54545	0,45455	0,81818	1	0,4	0,72727	0,54545	0,45455	0,63636	0,45455	0,45455	0,63636	0,63636	0,63636	0,45455	0,63636	0,5	0,45455	0,5	0,44444	0,25	0,5	0,45455	0,5	0,8	0,66667	0,6	0,83333	0,5	0,66667	0,42857	0,75	0,5	0,54545	0,75	0,36364	0,5	0,8	0,4	0,5	0,45455	0,5	0,5	0,5	0,57143	0,5	0,5	0,45455				
F15		0,3	0,4	0,5	0,4	1	0,7	0,6	0,4	0,6	0,3	0,4	0,5	0,5	0,5	0,7	0,6	0,5	0,3	0,75	0,33333	0,25	0,375	0,2	0,2	0,4	0,33333	0,4	0,33333	0,3	0,5	0,42857	0,75	0,5	0,3	0,25	0,4	0,5	0,6	0,4	0,75	0,3	0,3	0,33333	0,375	0,33333	0,42857	0,5	0,5	0,2			
F16		0,41667	0,64286	0,625	0,72727	0,7	1	0,64286	0,66667	0,8	0,6	0,57143	0,61905	0,61538	0,75	0,58333	0,55	0,625	0,53333	0,75	0,66667	0,5	0,875	0,63636	0,9	1	1	0,8	1	0,6	0,83333	0,85714	1	0,83333	0,63636	0,75	0,76923	1	0,8	0,8	1	0,72727	0,8	0,66667	0,875	0,66667	0,85714	1	0,75	0,45455			
F17		0,41667	0,28571	0,5	0,54545	0,6	0,64286	1	0,42857	0,64286	0,35714	0,42857	0,71429	0,46154	0,5	0,5	0,5	0,625	0,28571	0,5	0,55556	0,5	0,5	0,36364	0,4	0,8	0,66667	0,8	0,66667	0,5	0,5	0,57143	0,75	0,66667	0,45455	0,75	0,30769	0,5	0,6	0,4	0,5	0,45455	0,6	0,5	0,5	0,33333	0,57143	0,5	0,625	0,35714			
F18		0,41667	0,28571	0,375	0,45455	0,4	0,66667	0,42857	1	0,6	0,53333	0,42857	0,38889	0,46154	0,5	0,58333	0,55556	0,5	0,6	0,75	0,55556	0,75	0,75	0,54545	0,7	1	0,66667	0,6	0,83333	0,5	0,66667	0,71429	0,75	0,83333	0,63636	0,75	0,53846	0,75	0,6	0,8	1	0,81818	0,5	0,66667	0,875	0,5	0,625	0,61111					
F19		0,41667	0,5	0,6	0,63636	0,6	0,8	0,64286	0,6	1	0,46667	0,71429	0,8	0,61538	0,73333	0,5	0,73333	0,875	0,53333	0,5	0,66667	0,75	0,875	0,54545	0,7	0,8	1	0,8	0,66667	0,6	0,83333	0,71429	1	0,83333	0,63636	0,75	0,61538	1	0,8	0,6	1	0,63636	0,7	0,83333	1	0,66667	0,85714	1	0,625	0,53333			
F20		0,41667	0,28571	0,46667	0,45455	0,3	0,6	0,35714	0,53333	0,46667	1	0,57143	0,53333	0,53846	0,4	0,41667	0,66667	0,625	0,46667	0,75	0,44444	0,5	0,625	0,54545	0,6	0,8	0,66667	0,4	0,5	0,4	0,5	0,71429	0,75	0,5	0,54545	0,5	0,46154	0,5	0,8	0,6	0,75	0,63636	0,5	0,5	0,625	0,66667	0,57143	1	0,375	0,4			
F21		0,25	0,28571	0,42857	0,45455	0,4	0,57143	0,42857	0,42857	0,71429	0,57143	1	0,57143	0,46154	0,5	0,33333	0,57143	0,625	0,5	0,44444	0,75	0,5	0,36364	0,5	0,4	1	0,6	0,33333	0,4	0,6	0,5	0,57143	0,5	0,66667	0,63636	0,25	0,46154	0,5	0,8	0,6	0,75	0,54545	0,5	0,83333	0,75	0,66667	0,71429	1	0,5	0,42857			
F22		0,58333	0,64286	0,5625	0,63636	0,5	0,61905	0,71429	0,38889	0,8	0,53333	0,57143	1	0,69231	0,625	0,5	0,55	0,625	0,4	0,5	0,66667	0,5	0,875	0,54545	0,7	0,8	1	0,8	0,33333	0,5	0,5	0,71429	0,5	0,83333	0,45455	0,75	0,61538	0,75	0,6	0,6	0,75	0,63636	0,7	0,66667	0,85714	1	0,625	0,42857					
F23		0,5	0,53846	0,76923	0,63636	0,5	0,61538	0,46154	0,46154	0,61538	0,53846	0,46154	0,69231	1	0,53846	0,66667	0,61538	0,625	0,53846	0,75	0,55556	0,25	0,75	0,54545	0,6	0,8	0,66667	0,6	0,83333	0,5	0,5	0,57143	0,5	0,66667	0,54545	0,75	0,46154	0,75	0,6	0,6	0,75	0,63636	0,5	0,5	0,625	0,66667	0,71429	1	0,375	0,46154			
F24		0,25	0,5	0,4375	0,63636	0,5	0,75	0,5	0,5	0,73333	0,4	0,5	0,625	0,53846	1	0,41667	0,625	0,5	0,4	0,5	0,55556	0,5	0,75	0,45455	0,8	0,8	1	0,8	0,66667	0,5	0,83333	0,42857	1	0,66667	0,54545	0,75	0,46154	0,75	0,8	0,6	1	0,63636	0,6	0,66667	0,875	0,5	0,57143	0,5	0,5	0,5			
F25		0,33333	0,41667	0,5	0,45455	0,7	0,58333	0,5	0,58333	0,5	0,41667	0,33333	0,5	0,66667	0,41667	1	0,58333	0,375	0,5	0,75	0,55556	0,25	0,5	0,36364	0,4	0,6	0,66667	0,6	0,83333	0,5	0,66667	0,28571	0,5	0,5	0,54545	0,5	0,41667	0,75	0,6	0,4	0,75	0,45455	0,4	0,5	0,5	0,57143	0,5	0,375	0,33333				
F26		0,66667	0,42857	0,625	0,63636	0,6	0,55	0,5	0,55556	0,73333	0,66667	0,57143	0,55	0,61538	0,625	0,58333	1	0,75	0,6	0,5	0,55556	0,75	0,875	0,63636	0,8	0,8	0,66667	0,8	0,83333	0,7	1	0,57143	1	0,66667	0,72727	0,75	0,53846	1	0,8	0,6	1	0,72727	0,6	0,66667	0,875	0,83333	0,85714	1	0,625	0,45			
F13		0,5	0,375	0,75	0,5	0,5	0,625	0,625	0,5	0,875	0,625	0,625	0,625	0,625	0,5	0,375	0,75	1	0,625	0,5	0,625	0,5	0,5	0,5	0,5	0,6	0,33333	0,4	0,33333	0,375	0,33333	0,57143	0,75	0,33333	0,625	0,5	0,375	0,5	0,6	0,4	0,5	0,5	0,625	0,5	0,5	0,5	0,42857	1	0,375	0,375			
F14		0,33333	0,35714	0,46667	0,45455	0,3	0,53333	0,28571	0,6	0,53333	0,46667	0,5	0,4	0,53846	0,4	0,5	0,6	0,625	1	0,75	0,44444	0,75	0,75	0,72727	0,5	1	0,66667	0,6	0,66667	0,5	0,66667	0,85714	0,75	0,5	0,72727	0,75	0,53846	1	0,8	0,6	0,75	0,54545	0,5	0,66667	0,75	0,66667	0,71429	1	0,375	0,53333			
F15		0,25	0,25	0,5	0,5	0,75	0,75	0,5	0,75	0,5	0,75	0,5	0,5	0,75	0,5	0,75	0,5	0,5	0,75	1	0,5	0,5	0,5	0,75	0,25	0,75	0,33333	0,5	0,25	0,25	0,25	0,75	0,25	0,5	0,5	0,25	0,75	0,25	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5			
F16		0,33333	0,33333	0,66667	0,44444	0,33333	0,66667	0,55556	0,55556	0,66667	0,44444	0,44444	0,66667	0,55556	0,55556	0,55556	0,55556	0,625	0,44444	0,5	1	0,5	0,375	0,44444	0,44444	0,6	0,66667	0,4	0,66667	0,33333	0,33333	0,42857	0,5	0,33333	0,55556	0,5	0,33333	0,25	0,6	0,4	0,5	0,55556	0,44444	0,5	0,5	0,5	0,42857	0,5	0,25	0,44444			
F17		0,5	0,25	0,25	0,25	0,25	0,5	0,5	0,75	0,75	0,5	0,75	0,5	0,25	0,5	0,25	0,75	0,5	0,75	0,5	0,5	1	0,25	0,5	0,25	0,5	0,33333	0,25	0,25	0,75	0,25	0,5	0,25	0,5	0,25	0,5	0,25	0,5	0	0,25	0,5	0,25	0,5	0	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,5	0,5	0,25	0,75
F18		0,375	0,5	0,75	0,5	0,375	0,875	0,5	0,75	0,875	0,625	0,5	0,875	0,75	0,75	0,5	0,875	0,5	0,75	0,5	0,375	0,25	1	0,625	0,625	0,8	0,33333	0,6	0,5	0,25	0,5	0,57143	0,75	0,66667	0,5	0,75	0,875	1	0,4	0,6	1	0,625	0,625	0,33333	0,625	0,5	0,57143	1	0,375	0,5			
F19		0,27273	0,45455	0,54545	0,45455	0,2	0,63636	0,36364	0,54545	0,54545	0,54545	0,36364	0,54545	0,54545	0,45455	0,36364	0,63636	0,5	0,72727	0,75	0,44444	0,5	0,625	1	0,5	1	0,66667	0,8	0,66667	0,3	0,66667	0,85714	0,5	0,5	0,54545	0,75	0,54545	0,75	0,8	0,6	0,5	0,45455	0,5	0,5	0,66667	0,85714	1	0,5	0,45455				
F20		0,3	0,6	0,7	0,5	0,2	0,9	0,4	0,7	0,7	0,6	0,5	0,7	0,6	0,8	0,4	0,8	0,5	0,5	0,25	0,44444	0,25	0,625	0,5	1	0,6	0,66667	0,4	0,83333	0,4	0,66667	0,42857	0,5	0,5	0,6	0,75	0,4	0,5	0,6	0,4	0,5	0,6	0,6	0,33333	0,5	0,5	0,57143	1	0,375	0,8			
F21		0,6	0,4	0,8	0,8	0,4	1	0,8	1	0,8	0,8	0,4	0,8	0,8	0,8	0,6	0,8	0,6	1	0,75	0,6	0,5	0,8	1	0,6	1	0,33333	0,6	0,6																								

Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks

Mina, Madis Kartau

(Sünnikuupäev 18. jaanuar 1994)

1. annan Tartu Ülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose „Vormsi põhjaranniku aluspõhja geoloogiast“, mille juhendajad on, PhD Tõnu Meidla ja MSc Tavo Ani,
 - 1.1. reprodutseerimiseks säilitamise ja üldsusele kättesaadavaks tegemise eesmärgil, sealhulgas digitaalarhiivi DSpace-is lisamise eesmärgil kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;
 - 1.2. üldsusele kättesaadavaks tegemiseks Tartu Ülikooli veebikeskkonna kaudu, sealhulgas digitaalarhiivi DSpace'i kaudu kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni.
2. olen teadlik, et punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile.
3. kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest tulenevaid õigusi.

Tartus **29.05.2018**